

**Family list**17 family members for: **JP2004253390**

Derived from 14 applications

- 1 Tuned microcavity color OLED display**  
**Inventor:** GIUSEPPE SHORE JOEL D TYAN YUA (US) **Applicant:** EASTMAN KODAK CO (US)  
**EC:** H01L51/52D2 **IPC:** H05B33/26; H01L51/50; H05B33/24 (+9)  
**Publication info:** **CN1543281 A** - 2004-11-03
- 2 Organic light emitting diode (OLED) display with improved light emission using a metallic anode**  
**Inventor:** RAYCHAUDHURI PRANAB K (US); **Applicant:** EASTMAN KODAK CO (US)  
MADATHIL JOSEPH K (US); (+1)  
**EC:** H01L51/50J; H01L51/52B2; (+1) **IPC:** H05B33/24; H01L51/50; H01L51/52 (+5)  
**Publication info:** **EP1439588 A2** - 2004-07-21
- 3 Microcavity oled devices**  
**Inventor:** TYAN YUAN-SHENG (US); SHORE JOEL D **Applicant:** EASTMAN KODAK CO (US)  
(US); (+3)  
**EC:** H01L51/52D2 **IPC:** H05B33/26; H01L51/50; H05B33/22 (+7)  
**Publication info:** **EP1439589 A2** - 2004-07-21  
**EP1439589 A3** - 2006-04-26
- 4 Tuned microcavity color oled display**  
**Inventor:** TYAN YUAN-SHENG (US); FARRUGGIA **Applicant:** EASTMAN KODAK CO (US)  
GIUSEPPE (US); (+1)  
**EC:** H01L51/52D2 **IPC:** H05B33/26; H01L51/50; H05B33/24 (+9)  
**Publication info:** **EP1450419 A2** - 2004-08-25  
**EP1450419 A3** - 2006-04-26
- 5 ORGANIC LIGHT-EMITTING DIODE DISPLAY DEVICE OF BOTTOM SURFACE LIGHT-EMITTING TYPE AND TOP SURFACE LIGHT-EMITTING TYPE**  
**Inventor:** RAYCHAUDHURI PRANAB K; MADATHIL **Applicant:** EASTMAN KODAK CO  
JOSEPH K; (+1)  
**EC:** H01L51/50J; H01L51/52B2; (+1) **IPC:** H05B33/24; H01L51/50; H01L51/52 (+7)  
**Publication info:** **JP2004228081 A** - 2004-08-12
- 6 MICROCAVITY OLED DEVICE**  
**Inventor:** TYAN YUAN-SHENG; SHORE JOEL D; **Applicant:** EASTMAN KODAK CO  
(+3)  
**EC:** H01L51/52D2 **IPC:** H05B33/26; H01L51/50; H05B33/22 (+9)  
**Publication info:** **JP2004228082 A** - 2004-08-12
- 7 COLOR ORGANIC LIGHT-EMITTING DISPLAY**  
**Inventor:** TYAN YUAN-SHENG; FARRUGGIA **Applicant:** EASTMAN KODAK CO  
GIUSEPPE; (+1)  
**EC:** H01L51/52D2 **IPC:** H05B33/26; H01L51/50; H05B33/24 (+11)  
**Publication info:** **JP2004253390 A** - 2004-09-09
- 8 MICROCAVITY OLED DEVICE INCLUDING SEMI-TRANSPARENT METAL ELECTRODE LAYER AND OPAQUE REFLECTIVE METAL ELECTRODE LAYER**  
**Inventor:** TYAN YUAN SHENG; SHORE JOEL D; **Applicant:** EASTMAN KODAK CO  
(+3)  
**EC:** H01L51/52D2 **IPC:** H05B33/26; H01L51/50; H05B33/22 (+7)  
**Publication info:** **KR20040066721 A** - 2004-07-27
- 9 ORGANIC LIGHT EMITTING DIODE DISPLAY CAPABLE OF IMPROVING SUBSTRATE PENETRATING LUMINANCE AND PERFORMANCE USING METAL ANODE**  
**Inventor:** RAYCHAUDHURI PRANAB K; MADATHIL **Applicant:** EASTMAN KODAK CO  
JOSEPH K; (+1)  
**EC:** H01L51/50J; H01L51/52B2; (+1) **IPC:** H05B33/24; H01L51/50; H01L51/52 (+5)  
**Publication info:** **KR20040066724 A** - 2004-07-27

- 10 TUNED MICROCAVITY COLOR OLED DISPLAY INCLUDING PIXEL ARRAY DIVIDED INTO TWO DIFFERENT COLOR PIXEL SETS FOR EMITTING DIFFERENT COLOR LIGHT ON COMMON SUBSTRATE**  
**Inventor:** TYAN YUAN SHENG; FARRUGGIA GIUSEPPE; (+1) **Applicant:** EASTMAN KODAK CO  
**EC:** H01L51/52D2 **IPC:** H05B33/26; H01L51/50; H05B33/24 (+8)  
**Publication info:** KR20040074956 A - 2004-08-26
- 11 Tuned microcavity color OLED display**  
**Inventor:** TYAN YUAN-SHENG (US); FARRUGGIA GIUSEPPE (US); (+1) **Applicant:** EASTMAN KODAK CO (US)  
**EC:** H01L51/52D2 **IPC:** H05B33/26; H01L51/50; H05B33/24 (+8)  
**Publication info:** US6861800 B2 - 2005-03-01  
US2004160172 A1 - 2004-08-19
- 12 Microcavity OLED devices**  
**Inventor:** TYAN YUAN-SHENG (US); SHORE JOEL D (US); (+3) **Applicant:** EASTMAN KODAK CO (US)  
**EC:** H01L51/52D2 **IPC:** H05B33/26; H01L51/50; H05B33/22 (+8)  
**Publication info:** US2004140757 A1 - 2004-07-22
- 13 Organic light emitting device (OLED) display with improved light emission using a metallic anode**  
**Inventor:** RAYCHAUDHURI PRANAB K (US); MADATHIL JOSEPH K (US); (+1) **Applicant:** EASTMAN KODAK CO (US)  
**EC:** H01L51/50J; H01L51/52B2; (+1) **IPC:** H05B33/24; H01L51/50; H01L51/52 (+5)  
**Publication info:** US2004140758 A1 - 2004-07-22
- 14 Microcavity OLED device**  
**Inventor:** TYAN YUAN-SHENG (US); SHORE JOEL D (US); (+4) **Applicant:** EASTMAN KODAK CO (US)  
**EC:** H01L51/50J; H01L51/52B2; (+1) **IPC:** H01L51/50; H01L51/52; H01L27/32 (+3)  
**Publication info:** US2004155576 A1 - 2004-08-12






---

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

## COLOR ORGANIC LIGHT-EMITTING DISPLAY

**Patent number:** JP2004253390  
**Publication date:** 2004-09-09  
**Inventor:** TYAN YUAN-SHENG; FARRUGGIA GIUSEPPE;  
 SHORE JOEL D  
**Applicant:** EASTMAN KODAK CO  
**Classification:**  
**- International:** *H05B33/26; H01L51/50; H05B33/24; H05B33/28;*  
*H01L27/32; H01L51/52; H05B33/26; H01L51/50;*  
*H05B33/24; H01L27/28; (IPC1-7): H05B33/26;*  
*H05B33/14; H05B33/24; H05B33/28*  
**- european:** H01L51/52D2  
**Application number:** JP20040041783 20040218  
**Priority number(s):** US20030368513 20030218

### Also published as:

 EP1450419 (A2)  
 US6861800 (B2)  
 US2004160172 (A1)  
 KR20040074956 (A)  
 EP1450419 (A3)

more >>

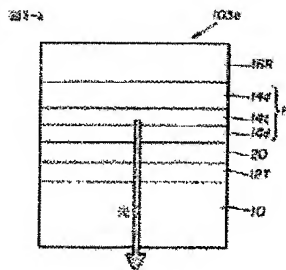
Report a data error he

### Abstract of JP2004253390

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a color organic light-emitting display with a tuned microcavity resonator, which is easy to manufacture.

**SOLUTION:** The color organic light-emitting display comprises an array of pixels on a common substrate, which are separated into at least two sets of different color pixels so that each pixel set emits a predetermined different color light. Each pixel included in each array comprises a metallic bottom-electrode layer disposed on the substrate, and a metallic top-electrode layer spaced from the metallic bottom-electrode layer. The materials for a reflective metallic electrode layer are selected from Ag, Au, Al, or their alloys, and the materials for a translucent metallic electrode layer are selected from Ag, Au, or their alloys. The thickness of the translucent metallic electrode layer, the total thickness of the organic layer and transparent conductive phase shift layer, and the location of the light-emitting layer of the color organic light-emitting display are selected so that each pixel of the display forms a tuned microcavity resonator type OLED device and its light-emitting output efficiency is higher than that of a similar OLED device without the microcavity resonator.

COPYRIGHT: (C)2004,JPO&NCIPI



Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>

F I

テーマコード(参考)

H 0 5 B 33/26

H 0 5 B 33/26

Z

3 K 0 0 7

H 0 5 B 33/14

H 0 5 B 33/14

A

H 0 5 B 33/24

H 0 5 B 33/24

H 0 5 B 33/28

H 0 5 B 33/28

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全35頁)

(21) 出願番号 特願2004-41783 (P2004-41783)

(22) 出願日 平成16年2月18日 (2004.2.18)

(31) 優先権主張番号 10/368513

(32) 優先日 平成15年2月18日 (2003.2.18)

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 590000846

イーストマン コダック カンパニー  
アメリカ合衆国, ニューヨーク 1 4 6 5 0  
, ロチェスター, ステイト ストリート 3  
4 3

(74) 代理人 100099759

弁理士 青木 篤

(74) 代理人 100077517

弁理士 石田 敬

(74) 代理人 100087413

弁理士 古賀 哲次

(74) 代理人 100128495

弁理士 出野 知

(74) 代理人 100082898

弁理士 西山 雅也

最終頁に続く

## (54) 【発明の名称】 カラー有機発光表示装置

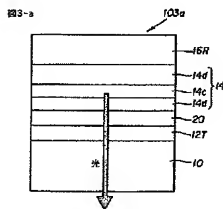
## (57) 【要約】

【課題】 製造容易な同調微小空洞共振器式カラー有機発光表示装置を提供すること。

【解決手段】 共通の基板上に、各色画素セットが所定の異なる色で発光する2組以上の異なる色画素セットに分割された画素配列を有するカラー有機発光表示装置であって、該配列に含まれる各画素が、該基板の上に配置された金属底部電極層と、該金属底部電極層から間隔を置いて配置された金属上部電極層とを含み、反射性金属電極層の材料がAg、Au、Al又はこれらの合金を含み、半透明金属電極層の材料がAg、Au又はこれらの合金を含み、そして半透明金属電極層の厚さと、有機層と透明導電性位相層との合計厚と、発光層の配置とが、該表示装置の各画素が、同調微小空洞共振器式OLEDデバイスを形成し、その発光出力効率が当該微小空洞共振器を含まない同等なOLEDデバイスより高くなるように選定されている、ことを特徴とするカラー有機発光表示装置。

【選択図】

図3-a



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

共通の基板上に、各色画素セットが所定の異なる色で発光する 2 組以上の異なる色画素セットに分割された画素配列を有するカラー有機発光表示装置であって、該配列に含まれる各画素が、

該基板の上に配置された金属底部電極層、

該金属底部電極層から間隔を置いて配置された金属上部電極層、

該上部電極層と該底部電極層の間に、広帯域光を生じるように配置された有機EL要素、及び

該金属底部電極層と該有機EL要素の間に配置された透明導電性位相層  
を含み、該有機EL要素はすべての色画素について共通であり、該透明導電性位相層の厚さは、異なる色画素セットの画素が該所定の異なる色で発光するように異なる色画素セットの画素について個別に選定されており、該金属電極層の一方が半透明であり、その他方が実質的に不透明かつ反射性であり、該反射性である金属電極層の材料がAg、Au、Al又はこれらの合金を含み、該半透明である金属電極層の材料がAg、Au又はこれらの合金を含み、そして該半透明である金属電極層の厚さと、該有機層と該透明導電性位相層との合計厚と、該発光層の配置とが、該表示装置の各画素が、同調微小空洞共振器式OLEDデバイスを形成し、その発光出力効率が当該微小空洞共振器を含まない同等なOLEDデバイスより高くなるように選定されている、  
ことを特徴とするカラー有機発光表示装置。

10

20

## 【請求項 2】

該金属電極層の両方がAg又はその合金であり、かつ、該半透明電極層の厚さが10nm～30nmの範囲内にある、請求項1に記載のカラー有機発光表示装置。

## 【請求項 3】

該底部電極層が半透明であり、かつ、当該光が該基板を通して放出される、請求項1に記載のカラー有機発光表示装置。

## 【請求項 4】

該半透明底部電極層と該基板の間に配置された高屈折率吸収低減層をさらに含む、請求項3に記載のカラー有機発光表示装置。

## 【請求項 5】

該吸収低減層の屈折率が1.6より高い、請求項4に記載のカラー有機発光表示装置。

30

## 【請求項 6】

該半透明電極の材料が、Al、Cuもしくはこれらの合金又はAg50%未満のMgAg系合金をさらに含む、請求項4に記載のカラー有機発光表示装置。

## 【請求項 7】

該上部電極層が半透明であり、かつ、当該光が該半透明上部電極層を通して放出される、請求項1に記載のカラー有機発光表示装置。

## 【請求項 8】

該半透明上部電極層の上に配置された高屈折率吸収低減層をさらに含む、請求項7に記載のカラー有機発光表示装置。

40

## 【請求項 9】

該吸収低減層の屈折率が1.6より高い、請求項8に記載のカラー有機発光表示装置。

## 【請求項 10】

該半透明電極の材料が、Al、Cuもしくはこれらの合金又はAg50%未満のMgAg系合金をさらに含む、請求項8に記載のカラー有機発光表示装置。

## 【請求項 11】

該底部電極層がアノードであり、かつ、該上部電極層がカソードである、請求項1に記載のカラー有機発光表示装置。

## 【請求項 12】

該底部電極層がカソードであり、かつ、該上部電極層がアノードである、請求項1に記

50

載のカラー有機発光表示装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、改良された同調(tuned)微小空洞共振器式カラーOLED表示装置に関する。

【背景技術】

【0002】

有機電場発光(EL)デバイス又は有機発光ダイオード(OLED)は、印加電位差に応じて発光する電子デバイスである。Tang他(Applied Physics Letters, 51, 913 (1987), Journal of Applied Physics, 65, 3610 (1989)、及び譲受人共通の米国特許第4769292号明細書)において高効率OLEDが実証されている。その後、高分子材料をはじめとし、層構造の異なる数多くのOLEDが開示され、デバイス性能も向上してきている。図1に、従来の底面発光型OLEDの略横断面図を示す。従来の底面発光型OLEDデバイス101には、基板10、透明底部電極12a、有機EL要素14、及び反射性金属上部電極層16Rが含まれる。有機EL要素14は、正孔注入層(HIL)14a(図示なし)、正孔輸送層(HTL)14b、発光層(LEL)14c、電子輸送層(ETL)14d及び電子注入層(EIL)14e(図示なし)をはじめとする1又は2以上の二次層を含むことができる。図1では、透明底部電極12aがアノードで、反射性金属上部電極層16Rがカソードであるが、その逆配置も可能であり、その場合、有機EL要素14の二次層の順序も反対となる。

【0003】

OLEDデバイスの最も有望な用途の一つは、これをカラー有機発光表示装置に使用することである。カラー有機発光表示装置は、2色以上の色を発する2以上の領域、すなわち画素を含むデバイスである。個々の領域が比較的大きく、かつ、個々の領域の数が少ない場合、当該表示装置は一般にエリアカラーディスプレイと称される。個々の領域は小さいが、その数が多い場合には、当該表示装置は一般に画素化ディスプレイと称される。高解像度のフルカラー画像を表示する必要がある用途にとって好ましいデバイスは、後者である。最も一般的には、画素を色の異なる3種の画素を組み合わせた画素セットに分割し、それぞれが青、緑又は赤の原色を発するようにしている。画素を駆動する印加パワーの組合せを変えることにより、フルカラー画像を表示することができる。

【0004】

色の異なる画素を提供するため、数種類の方法が試みられている。最も直接的な方法は、異なる画素に対して色の異なる発光層を配置する方法である。これは、低分子型OLEDデバイスの場合、蒸着工程に際してシャドーマスクを利用し、色の異なる発光体材料を異なる画素に対して選択的に付着させることにより、実施することができる。この方法は、高性能デバイスが得られることが実証されているが、高解像度画素が必要な場合には複雑となる。シャドーマスクは高価であり、そのアラインメントは困難を伴う。提案されている別の方法として、走査型レーザービームを利用した近間隔式蒸気輸送法を使用する方法がある。シャドーマスクを使用する必要はなくなるが、設備が複雑となり、高品位デバイスが得られた報告もない。高分子型OLEDデバイスの製造に特に適している別の方法は、インクジェット印刷法を利用し、所望の画素位置に発光体材料を付着させる方法である。この方法は魅力的ではあるが、安定な高性能デバイスを製造することが困難であった。

【0005】

別の方法として、すべての画素に共通の発光体を使用し、別の手段で種々の色を作り出す方法がある。例えば、白色発光性OLEDにカラーフィルターを組み合わせ、異なる画素に異なる色を発生させることができる。主な欠点は、カラーフィルターを付与するのにかかるコストの他、当該フィルターの吸収によって光の約三分の二が損失してしまうことである。別の方法として、青色発光性OLEDに蛍光性の異なる材料を組み合わせ、異なる画素に異なる色を発生させる方法がある。青色発光性OLEDデバイスは、一般に、他のOLEDより安定性が低く、効率も低いので、この方法には根本的な欠陥がある。

【0006】

20

30

40

50

提案されているさらに別の方法として、画素化(pixelation)のために微小空洞共振器を利用する方法がある。微小空洞共振器式OLEDデバイスでは(米国特許第6406801号及び同第5780174号明細書並びに特開平11-288786号公報)、一方が半透明である2枚の高反射鏡の間に有機EL要素が配置される。反射鏡は、ファブリ・ペロー微小空洞共振器を形成し、これが空洞共振器内に配置された有機ELの放出特性を強く変更する。当該空洞共振器の共振波長に相当する波長に近い放出は、半透明鏡を通して増強されるが、当該共振波長から外れた波長における放出は抑制される。OLEDデバイスに微小空洞共振器を使用すると、放出帯域幅が縮小し、放出の色純度が向上することが示されている(米国特許第6326224号明細書)。微小空洞共振器の使用により輝度出力が増強され得るとの示唆もある(Yokoyama, Science, Vol. 256 (1992) p.66; Jordan他, Appl. Phys. Lett. 69, (1996) p. 1997)。微小空洞共振器の色選択性を利用して画素化を達成しようとする提案がある。当該提案は、広帯域発光体を提供し、異なる画素について異なる微小空洞共振器長を提供するというものであった(米国特許第5554911号、同第5847506号、同第5969475号及び同第5405710号明細書)。当該提案には利点があるが、提案されたコンセプトを実際に応用するのは困難であった。なぜなら、微小空洞共振器式OLEDデバイスに関するこうした及びその他の従来開示では、反射鏡の少なくとも一方が四分の一波長スタック(QWS)であるからである。QWSは、各層の厚さが四分の一波長である高屈折率誘電体薄膜と低屈折率誘電体薄膜とを交互に積み重ねてなる多層スタックであり、所望の波長範囲にわたり、高反射率、低透過率及び低吸収率を有するように調節することができる。

20

【0007】

図2に、一例として従来型のQWS系微小空洞共振器式OLEDデバイス102の略横断面図を示す。QWS系微小空洞共振器式OLEDデバイス102には、基板10、半透明反射体としてのQWS反射鏡18、透明底部電極12a、有機EL要素14、及び反射性金属上部電極16Rが含まれる。典型的なQWS反射鏡18は、 $\text{TiO}_2:\text{SiO}_2:\text{TiO}_2:\text{SiO}_2:\text{TiO}_2$ の形態のものであり、ここで $\text{TiO}_2$ の $n=2.45$ 、 $\text{SiO}_2$ の $n=1.5$ である(R.H. Jordan他, Appl. Phys. Lett. 69, 1997 (1996))。各材料の厚さは、550nmの緑色放出の場合の四分の一波長に相当するそれぞれ56nm及び92nmである。動作に際して、共振波長550nmに中心を有する狭い帯域の光だけがQWS層を通り微小空洞共振器式OLEDデバイスから放出される。

30

【0008】

QWSは構造が複雑な上、製造コストも高い。共振帯域幅が極めて狭く、その結果、QWS系微小空洞共振器は当該共振波長において放出ピーク高さを大幅に増加させることができるが、波長範囲全体にわたり積算された総合輝度の向上度合いははるかに小さく、実際には、微小空洞共振器を具備しない同等のデバイスより減少してしまう場合もある。さらに、誘電体層は導電性ではない。機能的OLEDデバイスを形成するためには、QWSと当該有機層との間に別個独立した透明導電性電極層を配置する必要がある。このように追加される導電性電極層により、構造が一層複雑となる。導電性電極として透明導電性酸化物を使用した場合、電導度が限定されるため、多くのデバイス、特に面積の大きなデバイスでは不十分となり得る。金属薄膜を使用した場合、空洞共振器の構造がはるかに複雑化し、デバイス性能が損なわれることがある。したがって、QWS系微小空洞共振器式OLEDデバイスは、実用カラー有機発光表示装置には適していない。

40

【0009】

一般に、有用な微小空洞共振器効果を達成するためには、非吸収性の誘電体で構築されたQWSが必要であると考えられている。Yokoyama他(Science V256, p.66 (1992))は、彼のよく参照される論文に、具体的に、金属鏡の代わりにQWSを使用することを推奨している。文献上、QWSを代える試みは、あまり成功していない。Berggren他(Synthetic Metals 76 (1996) 121)は、Al鏡とCa-Al系半透明鏡を使用して微小空洞共振器を構築したPLEDについて検討している。帯域幅が多少狭くなり、微小空洞共振器効果が示唆されたが、微小空洞共振器を具備したデバイスの外部量子効率、微小空洞共振器を具備しない同等なデバイスと比べ3分の1になった。Takada他(Appl. Phys. Lett. 63, 2032 (50

1993))は、半透明(36nm)Agカソードと250nmのMgAgアノードを使用して微小空洞共振器式OLEDデバイスを構築している。角度分布の変化及び放出帯域幅の縮小が観測されたが、放出強度は、非空洞共振器ケースと比べて有意に低下した。著者は、単純な平面空洞共振器と放出スペクトルの幅広い放出色素との組合せでは、微小空洞共振器内に光を閉じ込めるのに十分ではないと結論付け、新規の空洞共振器構造の開発を奨励した。Jean他(Appl. Phys. Lett., Vol. 81, (2002) 1717)は、100nmのAlをアノードとし、30nmのAlを半透明カソードとして使用して微小空洞共振器構造を構築したOLED構造について検討している。強い微小空洞共振器効果により放出帯域幅が狭くなり、強い角度依存性の変化が観察されたが、発光出力効率の向上については一切提案されなかった。実際、デバイスの放出帯域幅が極端に狭いことから判断すると、発光出力効率は低下した可能性が非常に高い。欧州特許出願公開第1154676号明細書に、光反射性材料からなる底部電極と、有機発光層と、半透明反射層と、透明材料からなる上部電極とを有する、空洞共振器構造を形成する有機ELデバイスが記載されている。その目的は、広範囲の視角にわたり十分な色再現範囲を有するOLEDデバイスを達成することであった。その目的は、微小空洞共振器効果を実質的に低下させることで放出帯域幅を拡大することにより達成された。複数の反射により共振波長放出が増強されることが示唆されているが、その示唆を裏付ける実際の又は模擬のデータは一切ない。すべての実施例でCr反射性アノードが使用されている。Crのような低反射率アノードを使用した場合、輝度はほとんど増強されることが示されている。

10

20

Lu他(Appl. Phys. Lett. Vol. 81, 3921 (2002))に、微小空洞共振器効果によって性能が向上したと著者等が主張する上面発光型OLEDデバイスが記載されている。しかしながら、彼等の性能データは、微小空洞共振器に特徴的な角度依存性をほとんど示していない。分光データは一切示されていないが、非微小空洞共振器式底面発光型構造と微小空洞共振器式上面発光型構造との間の色座標の相同性から、微小空洞共振器式OLEDデバイスにおいて予測される帯域幅縮小効果もほとんどないことが示唆される。実際、本発明者らのモデル計算により、彼等の構造体では有意な微小空洞共振器効果は得られないことが確認された。したがって、観測された放出増強は、非微小空洞共振器式OLEDデバイスにおいて典型的に見られる通常の適当な光学干渉効果の結果である可能性が非常に高い。放出増強の大きさは非常に小さく、また色質の向上もなかった。著者等はまた、高反射率アノードと透明カソードを使用することによって最良の効率が達成されることを示唆している。後者については、本発明の教示に明らかに反するものである。

30

40

#### 【0011】

【特許文献1】米国特許第4769292号明細書

【特許文献2】米国特許第5405710号明細書

【特許文献3】米国特許第5554911号明細書

【特許文献4】米国特許第5780174号明細書

【特許文献5】米国特許第5847506号明細書

【特許文献6】米国特許第5969475号明細書

【特許文献7】米国特許第6326224号明細書

【特許文献8】米国特許第6406801号明細書

【特許文献9】欧州特許出願公開第1154676号明細書

【特許文献10】特開平11-288786号公報

【非特許文献1】Tang他、「Organic electroluminescent diodes」、Appl. Phys. Letter、第51巻、第12号、第913-915頁、1987年9月21日

【非特許文献2】Yokoyama、「Physics and Device Applications of Optical Microcavities」、Science、第256巻、第66-70頁、1992年4月3日

【非特許文献3】Jordan他、「Efficiency enhancement of microcavity organic light emitting diodes」、Appl. Phys. Letter、第69巻、第14号、第1997-1999頁、1996年9月30日

50



【非特許文献4】Berggren他、「Polymer light-emitting diodes placed in microcavities」、Synthetic Metals、第76巻、第121-123頁、1996年

【非特許文献5】Takada他、「Control of emission characteristics in organic thin-film electroluminescent diodes using an optical-microcavity structure」、Appl. Phys. Letter、第63巻、第15号、第2032-2034頁、1993年10月11日

【非特許文献6】Jean他、「Microcavity organic light-emitting diodes on silicon」、Appl. Phys. Letter、第81巻、第9号、第1717-1719頁、2002年8月26日

【非特許文献7】Lu他、「High efficiency top-emitting organic light-emitting devices」、Appl. Phys. Letter、第81巻、第21号、第3921-3923頁、2002年11月18日

【非特許文献8】Tang他、「Electroluminescent of doped organic thin films」、J. Appl. Phys.、第65巻、第9号、第3610-3616頁、1989年5月1日

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

本発明の目的は、容易に製造することができる同調微小空洞共振器式カラー有機発光表示装置を提供することにある。

本発明の別の目的は、色品位又は発光出力効率を実質的に向上させたカラー有機発光表示装置を提供することにある。

本発明のさらに別の目的は、電力損を減らすため内部直列抵抗の低いカラー有機発光表示装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0013】

上記の目的は、共通の基板上に、各色画素セットが所定の異なる色で発光する2組以上の異なる色画素セットに分割された画素配列を有するカラー有機発光表示装置であって、該配列に含まれる各画素が、

該基板の上に配置された金属底部電極層、

該金属底部電極層から間隔を置いて配置された金属上部電極層、

該上部電極層と該底部電極層の間に、広帯域光を生じるように配置された有機EL要素、及び

該金属底部電極層と該有機EL要素の間に配置された透明導電性位相層

を含み、該有機EL要素はすべての色画素について共通であり、該透明導電性位相層の厚さは、異なる色画素セットの画素が該所定の異なる色で発光するように異なる色画素セットの画素について個別に選定されており、該金属電極層の一方が半透明であり、その他方が実質的に不透明かつ反射性であり、該反射性である金属電極層の材料がAg、Au、Al又はこれらの合金を含み、該半透明である金属電極層の材料がAg、Au又はこれらの合金を含み、そして該半透明である金属電極層の厚さと、該有機層と該透明導電性位相層との合計厚と、該発光層の配置とが、該表示装置の各画素が、同調微小空洞共振器式OLEDデバイスを形成し、その発光出力効率が当該微小空洞共振器を含まない同等なOLEDデバイスより高くなるように選定されている、

ことを特徴とするカラー有機発光表示装置を提供することによって達成される。

【0014】

本発明の別の態様として、該微小空洞共振器の外側に、該半透明である金属電極層に隣接するように高屈折率吸収低減層を付加することにより、微小空洞共振器式OLEDデバイスの性能が一層向上する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

本発明の好ましい態様において、カラー有機発光表示装置は、共通の基板上に、各セットが所定の異なる色で発光する2組以上の色画素セットに分割された画素配列を有する。カラー有機発光表示装置に含まれる各画素が、2つの金属電極層を有する微小空洞共振器式OLEDデバイスになるように構築されている。各画素は、基板の上に配置された金属底部

20

30

40

50

電極層と、該金属底部電極層から間隔を置いて並べられた金属上部電極層とを含む。底部電極層と上部電極層の間には、すべての画素について広帯域光を発するように配置された共通の有機EL要素が配置されている。さらに、金属底部電極層と有機EL要素の間には、異なる色画素セットの画素について厚さが異なる透明導電性位相層が配置されている。これにより、異なる色画素セットに含まれる複数の画素は、空洞共振器長の異なる微小空洞共振器式OLEDデバイスとなるように構築されている。微小空洞共振器式OLEDデバイスの空洞共振器長がその発光色を決めるので、異なる色画素セットに含まれる画素は、共通の広帯域発光体から異なる色光を生じるように構築されている。したがって、2組以上の異なる色画素セットに分割された画素を有するフルカラー有機発光表示装置を、異なる画素について異なる色で発光する有機EL要素を設ける必要もなく、構築することができる。したがって、有機カラー発光表示装置の製造コストを削減することができる。その上、本発明の重要な特徴として、これらの微小空洞共振器を利用することにより、発光効率が向上する点が挙げられる。従来から、金属だけによる微小空洞共振器式OLEDデバイスについて研究報告がなされているが、本発明者らの知る限り、対応する非微小空洞共振器式デバイスを超えて発光出力効率を向上させた成功例は一切ない。本発明の目的として、OLEDデバイスの発光出力効率は、該デバイスの輻射エネルギー出力を約0.95λ<sub>0</sub>~約1.05λ<sub>0</sub>のスペクトル範囲にわたり積算することにより測定される。ここで、λ<sub>0</sub>は、当該画素から放出される所期の色のピーク波長である。例えば、ピーク波長520nmで発光する緑色画素の場合、約494nm~約546nmの範囲で当該デバイスの輻射出力を積算することにより、発光出力効率を測定する。このような発光出力効率の定義を採用することにより、所望の色出力に寄与する放出光しか対比されないことが確実となる。

[0016]

従来技術の教示や失敗に終わった試みに鑑みると、広範囲にわたるモデル化及び実験作業を通して、発光出力効率及び色質が高く、しかも色選択性を提供する高性能微小空洞共振器式OLEDデバイスを、金属鏡だけで実際に製造できたことは、まったく意外な発見であった。反射性金属電極と半透明金属電極の両方についてその材料選択が重要であること、そして該半透明金属電極の厚さもまた重要であることを見出した。反射性電極としては、Ag、Au、Al及びこれらの合金（これらの金属の少なくとも1種が50原子%以上含まれる合金）をはじめとするわずかな種類の金属しか、好適には使用されない。その他の金属を使用すると、微小空洞共振器効果による輝度出力向上及び色質改善という利益ははるかに減少する。同様に、半透明電極についても、Ag、Au及びこれらの合金をはじめとするわずかな種類の材料しか、好適には使用されない。半透明電極の厚さ範囲も限定される。層が薄すぎると有意な微小空洞共振器効果が得られず、また層が厚すぎると輝度出力が低下する。さらに、微小空洞共振器内における発光層の位置も、輝度出力に強い影響を及ぼすので、最適化する必要がある。これらすべての因子を適切に最適化するだけで、対応する非空洞共振器式OLEDデバイスより顕著に発光出力効率及び色質が改良された微小空洞共振器式OLEDデバイスを実現することができる。本発明者らはさらに、該微小空洞共振器の外側に、該半透明電極層に隣接するように吸収低減層を配置することにより、微小空洞共振器デバイスの発光性能が一層向上することを発見した。

[0017]

金属鏡は、QWSより構造が簡素であり、加工製作が容易である。電極としても機能する2枚の金属鏡を使用するので、別個独立の透明導電性電極を使用する必要がない。半透明金属電極のシート導電率は、従来技術で使用されている透明導電性電極よりもはるかに高くなり得る。導電率の向上は、特にデバイス面積が大きい場合、OLEDデバイスにおける抵抗損を減少させる。適切に設計された金属鏡を使用した放出帯域幅は、QWSを使用して得られるものより広くなるため、輝度出力が増加する。その一方、放出帯域幅はなお、優れた色選択性及び色質を提供するに十分な狭さを維持する。

[0018]

該金属底部電極層を半透明のものにすることができ、その場合、本発明による有機発光表示装置は底面発光型となる。別態様として、該金属上部電極を半透明のものにすること

10

20

30

40

50

ができ、その場合には、本発明による有機発光表示装置は上面発光型となる。底面発光型表示装置の場合、当該基板は当該装置からの放出光に対して透明である。該基板は、ガラス、プラスチックその他の適当な透明材料でできていればよい。上面発光型表示装置の場合、当該基板は当該放出光に対して透明である必要はなく、金属、セラミックその他の適当な材料でできていればよい。

【 0 0 1 9 】

該金属底部電極をアノードとし、かつ、該金属上部電極をカソードとすることができる。別態様として、該金属底部電極をカソードとし、かつ、該金属上部電極をアノードとすることができる。いずれの場合にしても、正孔注入層及び正孔輸送層がアノード側に、そして電子注入層及び電子輸送層がカソード側にそれぞれ近くなるように、有機EL要素を適宜配向させる。

【 0 0 2 0 】

金属電極として好適な材料のすべてが良好な電荷注入性を提供するわけではないため、有機EL要素は、HTLに隣接する正孔注入層及び／又はETLに隣接する電子注入層を含むことが好ましい。正孔注入層として使用するのに好適な材料には、譲受人共通の米国特許第4720432号明細書に記載されているポルフィリン系化合物や、譲受人共通の米国特許第6208075号明細書に記載されているプラズマ蒸着フルオロカーボンポリマーが含まれる。有機ELデバイスにおいて有用であることが報告されている別の正孔注入材料が、欧州特許出願公開第0891121号及び同第1029909号明細書並びにTokito他のJ. Phys. D. Vol. 29 (1996) 2750に記載されている。米国特許第5608287号、同第5776622号、同第5776623号、同第6137223号及び同第6140763号明細書に記載されているものをはじめとする電子注入層を使用することもでき、これらの記載事項を本明細書の一部とする。低仕事関数アルカリ金属又はアルカリ土類金属、例えばLi、Cs、Ca、Mgを含有する薄膜を使用することができる。さらに、これらの低仕事関数金属をドーブした有機材料を電子注入層として有効に使用することもできる。例として、Li又はCsドーブ型Alqが挙げられる。

【 0 0 2 1 】

場合によっては、金属電極に使用される材料が、化学的相互作用、電気移動その他の原因で、OLEDデバイスを不安定化させてしまうことがある。このような不安定化を防止するため、適当なバリア層を使用することができる。ここでもまた、良好な電子又は正孔注入層が存在することにより、このような目的に対する材料選択の幅が広がる。

【 0 0 2 2 】

有機EL要素は少なくとも1層の発光層を有するが、通常は、それが複数の層を含む。有機EL要素の一例は、正孔注入層、正孔輸送層、発光層、電子輸送層及び電子注入層を含むことができる。有機EL要素は、低分子型OLED材料に基づくものであっても、高分子型OLED材料に基づくものであってもよい。高分子型OLED材料に基づくデバイスはPLEDと称されることが多い。有機EL要素は、蛍光性材料を含む場合もあれば、また燐光物質を含む場合もある。

【 0 0 2 3 】

フルカラー表示装置を提供するため、広帯域有機EL要素を使用する。広帯域有機EL要素とは、可視波長範囲内の所望の青色、緑色及び赤色領域に十分な光出力を有する放出スペクトルを示す要素のことである。広帯域有機EL要素は、当該カラー有機発光表示装置の所望の色出力の青色、緑色及び赤色の波長付近にピークを有する放出スペクトルを示すことが好ましい。本発明の場合、従来技術として報告されている広帯域発光を実現する多くの方法のいずれを採用してもよく、その中には、発光層中に複数のドーパントを使用する方法、発光特性の異なる2以上の発光層を使用する方法、及び強いエキシマー放出を有するドーパントを使用する方法がある（米国特許第5683823号及び同第5405709号明細書並びに特開平7-142169号公報）。

【 0 0 2 4 】

本発明によると、異なるカラー画素セットの画素に異なる微小空洞共振器長を提供する

10

20

30

40

50

ことにより、着色の異なる画素を実現する。これは、異なる厚さの透明導電性位相層を設けることにより達成することができる。その後、すべての画素上に、パターン化されていない共通の有機EL要素及び共通の上部電極層を使用することにより表示装置の製造を完成させることができ、有機発光表示装置の製造プロセスが大幅に簡略化する。透明導電性位相層は、放出光に対して透明であること、そして当該金属底部電極層と有機EL要素との間で電荷キャリアを搬送するよう導電性であること、が必要である。薄膜貫通電導度のみが重要であるため、バルク抵抗率としては約  $10^{-1} \Omega \cdot \text{cm}$  未満であれば十分である。例えば、インジウム錫酸化物 (ITO)、亜鉛錫酸化物 (ZTO)、酸化錫 (SnOx)、酸化インジウム (InOx)、酸化モリブデン (MoOx)、酸化テルル (TeOx)、酸化アンチモン (SbOx)、酸化亜鉛 (ZnOx) 及び酸化バナジウム (VOx) のような多くの金属酸化物、並びに銅フタロシアンインのような有機材料、を使用することができる。便利な別の選択肢として、有機EL要素に汎用されている電子輸送層又は正孔輸送層を利用する方法もある。例えば、金属底部電極がアノードである場合には、着色の異なる画素に、厚さの異なる正孔輸送層を予め付着させておくことができる。その後、すべての画素に、追加の正孔輸送層を共通の厚さで適用することにより、OLEDデバイスの構築を完成する。同様に、金属底部電極がカソードである場合には、透明導電性位相層として電子輸送層を利用することができる。

【 0 0 2 5 】

金属底部電極と有機EL要素の間に透明導電性位相層として電子又は正孔輸送層以外の材料を使用する場合、該金属底部電極がカソードである場合には該透明導電性位相層と該有機EL要素の間に電子注入層を含めること、又は、該金属底部電極がアノードである場合には該透明導電性位相層と該有機EL要素の間に正孔注入層を含めることが、有益となる場合がある。使用可能な電子注入性材料及び正孔注入性材料は、上述したものと同一である。

【 0 0 2 6 】

本発明の好ましい態様として、所定の厚さを有する第1の透明導電性位相層が、基板の実質的に全面に、スパッタ法や蒸発法のような通常の薄膜付着技法によって配置される。次いで、従来型のフォトリソグラフィ技法を利用して、第1の透明導電性位相層薄膜が、該層を受容するように設計された画素にのみ残存するように、パターン化する。その後、有機発光表示装置の実質的に全面に、従来型の薄膜付着技法によって第2の透明導電性位相層を適用する。次いで、従来型のフォトリソグラフィ技法を利用して、第2の透明導電性位相層が、該層を受容するように設計された画素と、第1及び第2の両方の透明導電性位相層を受容するように設計された画素とにのみ残存するように、パターン化する。このプロセスは、画素が数種類の厚さの透明導電性位相層を有することができるように繰り返すことができる。2つの透明導電性位相層を設けることにより、第1の画素が厚さ0の透明導電性位相層を有し、第2の画素が第2の透明導電性位相層のみを有し、そして第3の画素が第1及び第2の両方の透明導電性位相層を有するという3種類の画素を創出することができる。別態様として、3種類のカラー画素について、3種類の厚さの透明導電性位相層を使用することもできる。

【 0 0 2 7 】

別態様として、透明導電性位相層を、シャドーマスクを介したスパッタ法や蒸発法のような従来型の薄膜付着技法によって調製することもできる。透明導電性位相層はまた、レーザー又はフラッシュ式熱転写技法によって画素領域上に選択的に配置することもできる (米国特許第5937272号、同第5904961号及び同第5688551号明細書)。本発明を実施するための熱転写法の一例として、薄いプラスチックシートの片面上にエネルギー吸収層を被覆してなるドナーを用意するものがある。転写すべき透明導電性位相層の材料は、該エネルギー吸収層の上に配置される。転写工程中、透明導電性位相層の材料が金属底部電極層と向かい合うように該ドナーを配置する。ドナーの薄いプラスチックシートを通してドナーに輻射エネルギーを加える。該輻射エネルギーがエネルギー吸収層に吸収されることにより、透明導電性位相層の材料が、当該転写材料が実質的に蒸気となるような高温に達する。よって、透明導電性位相層の材料が、当該蒸気の蒸発・凝縮によりパターン化金属底部電極に転写されて、透明導電性位相層を形成する。別態様として

、輻射エネルギーにより当該転写材料を、その粘度が低下して金属底部電極へ流動するような高温に到達させてもよい。異なるドナーを使用することによって、透明導電性位相層の厚さを変えることができる。透明導電性位相層のパターン化は、転写工程に際して輻射エネルギーにマスクをかける方法か、又は高出力レーザーのような集中型輻射エネルギービームを走査して、透明導電性位相層の所望のパターンに応じてドナーから材料の一部を選択的に転写させる方法により、実施することができる。

【 0 0 2 8 】

本発明は、能動駆動法において薄膜トランジスタ（TFT）構造体を使用するアクティブマトリックス方式のカラー有機発光表示装置に応用することができる（米国特許第 5 6 8 4 3 6 5 号及び同第 5 5 5 0 0 6 6 号明細書）。アクティブマトリックス方式のカラー有機発光表示装置では、各画素に、いくつかの薄膜トランジスタその他の部品、例えばキャパシタと、当該金属底部電極と電気接触する接続パッドとが設けられる。

【 0 0 2 9 】

TFT構造体上の接続パッドの上に金属底部電極層を配置し、これをパターン化して画素を画定する。金属底部電極層の調製には、スパッタ法、電子ビーム蒸発法、抵抗加熱蒸発法、等のような通常の薄膜付着技法を採用することができる。画素の大きさ及び形状は、金属底部電極の大きさ及び形状によって画定される。パターン形成は、従来型のフォトリソグラフィ法を利用する、又は層付着工程中にシャドーマスクを使用することにより、行うことができる。フォトリソグラフィ法を利用して金属底部電極の大きさ及び形状を画定することができるので、開口率（有効発光面積の全表示面積に対する比率）を非常に高くすることができる。その上、当該大きさ及び形状を、すべての画素について同一にする必要はない。実際に、画素の大きさ及び形状を、当該カラー有機発光表示装置の画質を改善するための手段として利用することができる。

【 0 0 3 0 】

本発明はまた、パッシブマトリックス方式のカラー有機発光表示装置において実施することもできる。パッシブマトリックス方式のカラー有機発光表示装置では、金属上部電極と金属底部電極の両方がパターン化される。画素は、金属底部電極と金属上部電極との交差部として画定される。各画素は、特定の色光を放出するように調整された微小空洞共振器となるように設計される。

【 0 0 3 1 】

図 3 - a に、本発明によるカラー有機発光表示装置の単一画素を代表する底面発光型微小空洞共振器式 OLED デバイス 1 0 3 a の略横断面図を示す。微小空洞共振器式 OLED デバイス 1 0 3 a は、基板 1 0、半透明金属底部電極 1 2 T、透明導電性位相層 2 0、有機 EL 要素 1 4、及び反射性金属上部電極 1 6 R を含む。図 3 - a には示されていないが、その他の特徴として、例えば、支持体 1 0 の上で半透明金属底部電極 1 2 T の下方に存在し得る TFT 回路構造体や、反射性金属上部電極 1 6 R の上に存在し得る保護オーバーコート又は封入構造体のようなものが存在していてもよい。2 枚の金属電極が微小空洞共振器の反射鏡として機能する。発生した光は半透明金属底部電極 1 2 T 及び基板を通して放出されるので、基板 1 0 は透明でなければならず、そしてガラス又はプラスチックから選択することができる。反射性金属上部電極 1 6 R は Ag、Au、Al 又はこれらの合金から選ばれ、また半透明金属底部電極 1 2 T は Ag、Au 又はこれらの合金から選ばれる。反射性金属上部電極 1 6 R の厚さは、それが実質的に不透明かつ反射性となるように、光学濃度が 1 . 5 以上になるように選定される。半透明金属底部電極 1 2 T の厚さは、当該微小空洞共振器式 OLED デバイス 1 0 3 a からの所定の波長における発光出力が向上するように選定される。好適な厚さは、当該アノード及び当該カソードとして選ばれた材料に依存する。有機 EL 要素 1 4 は、少なくとも発光層 1 4 c を含み、そして 1 又は 2 以上の追加層、例えば正孔注入層 1 4 a（図示なし）、正孔輸送層 1 4 b、電子輸送層 1 4 d 及び電子注入層 1 4 e（図示なし）を含むことができる。図 3 - a に示した順序では、半透明金属底部電極 1 2 T がアノードとなり、そして反射性金属上部電極 1 6 R がカソードとなる。有機 EL 要素 1 4 と透明導電性位相層 2 0 を合わせた厚さは、当該画素から放出されるべき所定の波長におい

10

20

30

40

50

て共振が起こるよう微小空洞共振器OLEDデバイス103aを調整するように選定される。当該厚さは下記の方程式を満たす。

【0032】

【数1】

$$2 \sum n_i L_i + 2 n_s L_s + (Q_{m1} + Q_{m2}) \lambda / 2\pi = m \lambda \quad \text{方程式 1}$$

【0033】

上式中、 $n_i$ 及び $L_i$ は、それぞれ有機EL要素14における第*i*番目の二次層の屈折率及び厚さであり、 $n_s$ 及び $L_s$ は、それぞれ透明導電性位相層20の屈折率及び厚さであって0であってもよいものであり、 $Q_{m1}$ 及び $Q_{m2}$ は、2つある有機EL要素／金属電極界面におけるそれぞれの位相シフト（単位ラジアン）であり、 $\lambda$ は、当該デバイスから放出されるべき所定の波長であり、そして*m*は負でない整数である。製造し易さを考慮し、また色純度のためにも、*m*は、青色画素については1であること、そして緑色及び赤色画素については0又は1であることが好ましい。

【0034】

金属電極間の全厚が、微小空洞共振器の共振波長を決定する上で最も重要な因子である。しかしながら、共振波長、特に共振の強さ（したがって当該デバイスの効率となる）はまた、発光層14cと2つの電極の各々との間の距離にも左右される。具体的には、デバイス性能を最適化するためには、反射性金属上部電極16Rと発光層14c（の中心）との間の距離が下記の方程式をおよそ満たすことが必要である。

【0035】

【数2】

$$2 \sum n_i L_i + Q_{m1} \lambda / 2\pi = m_D \lambda \quad \text{方程式 2}$$

【0036】

上式中、 $n_i$ 及び $L_i$ は、それぞれ有機EL要素14における第*i*番目の二次層の屈折率及び厚さであり、 $Q_{m1}$ は、有機EL要素／金属カソード界面における位相シフト（単位ラジアン）であり、 $\lambda$ は、当該デバイスから放出されるべき所定の波長であり、そして*m<sub>D</sub>*は負でない整数である。方程式1とは対照的に、ここでの合計値は、発光層（の中心）と反射性金属上部電極16Rとの間にある層についてのみである。半透明金属底部電極12Tと発光層14cとの間の距離についても類似の方程式を記述することができる。しかしながら、この第3の方程式は、方程式1と方程式2を満たすことにより満たされることが保証されるので、追加の制約が付与されることは一切ない。

【0037】

半透明金属底部電極12Tによる光吸収を可能な限り低くすることが望まれるので、半透明金属底部電極12Tと基板10との間に高屈折率の吸収低減層22を追加することが有用である（後述する実施例においてさらに説明する）。吸収低減層の目的は、半透明金属底部電極12T自体の内部で光波によって生じる電界（すなわち光波の吸収）を低減することである。良好な近似として、この結果は、この吸収低減層22と基板10の間の界面で反射して返される光波の電界で、当該デバイスを通して出てくる光の電場を弱め合うように干渉させ、すなわち部分的に相殺させることにより、最良に達成される。その場合、基本的な光学的考慮により、下記の方程式がおよそ満たされる時に（吸収低減層22の屈折率が基板10より高い場合に）このことが起こることが示唆される。

【 0 0 3 8 】

【 数 3 】

$$2n_A L_A + n_T L_T = (m_A + 1/2) \lambda$$

方程式 3

【 0 0 3 9 】

上式中、 $n_A$ 及び $L_A$ は、それぞれ吸収低減層 2 2 の屈折率及び厚さであり、 $n_T$ 及び $L_T$ は、それぞれ半透明金属底部電極 1 2 T の屈折率実部及び厚さであり、そして $m_A$ は負でない整数である。 $m_A$ は、実用上小さいことが好ましく、通常は 0、典型的には 2 未満である。一般に、吸収低減層の有益な効果は、使用される材料の屈折率が高いほど高くなる。実用上は、屈折率の値が 1.6 以上であることが好ましい。

【 0 0 4 0 】

デバイス構成の別態様として、半透明金属底部電極 1 2 T がカソードであり、かつ、反射性金属上部電極 1 6 R がアノードであってもよい。このような場合、有機 EL 要素 1 4 は、正孔注入層及び正孔輸送層がアノード側に、そして電子注入層及び電子輸送層がカソード側にそれぞれ近くなるように、適宜配向される。

【 0 0 4 1 】

上記の説明は、底面発光型 OLED デバイスに基づくものであるが、同様の検討事項及び方程式が、適当な変更を加えることにより、上面発光型デバイスにも適用される。

【 0 0 4 2 】

金属だけによる微小空洞共振器を利用して OLED デバイスの出力を増強する上で、また金属だけによる微小空洞共振器を利用して画素化する上での本発明の有効性を、下記の実施例において実証する。理論的予測に基づく例では、所与のデバイスにより得られる電場発光 (EL) スペクトルを、平面多層形デバイスにおけるランダム配向の放出ダイポールについてマクスウェル方程式を解く光学モデルを使用して予測する (O.H. Crawford, J. Chem. Phys. 89, 6017 (1988); K.B. Kahen, Appl. Phys. Lett. 78, 1649 (2001))。ダイポール放出スペクトルは、多くの場合、波長とは無関係であると仮定されているので、微小空洞共振器の特性自体を研究することができる。その他の場合、ダイポール放出スペクトルは、発光体のフォトルミネセンス (PL) スペクトル測定値によって与えられるものと仮定され、2 ~ 3 ナノメートルの小さな青シフトを含む。この放出は、正孔輸送層に接する発光層の最初の 10 nm において均一に起こるものと仮定される。各層について、モデルでは、分光エリプソメトリーで測定するか又は文献値を採用した波長依存性複素屈折率を使用する (Handbook of Optical Constants of Solids, E.D. Palik 編 (Academic Press, 1985); Handbook of Optical Constants of Solids II, E.D. Palik 編 (Academic Press, 1991); CRC Handbook of Chemistry and Physics, 83, D.R. Lide 編 (CRC Press, Boca Raton, 2002))。EL スペクトルが得られたら、当該スペクトルの CIE 色度及び輝度 (一定率まで) を計算することは簡単である。EL スペクトル予測値と EL スペクトル測定値との対比を多数行ったところ、当該モデル予測が非常に正確であることが確認された。理論例のすべてについて、異なるデバイス構成間を比較するための示性数 (figure-of-merit) として、340 nm ~ 780 nm の可視波長領域全体にわたり積算された総合輝度出力を採用した。当該輝度値は、本発明が目的とする改良に関する便利で信頼性の高い発光出力効率値を代表するものである。当該輝度値は、実際には、当該波長領域の外側にある光の寄与分を包含するので、微小空洞共振器の利益を過小評価することになる。この余分な光は、非微小空洞共振器式デバイスの放出帯域幅の方が広いため、微小空洞共振器式デバイスに対する非微小空洞共振器式デバイスの出力のより大きな部分を構成する。

【実施例】

【 0 0 4 3 】

例 1

例 1 では、本発明による図 3 - a に示したような底面発光型微小空洞共振器式 OLED デバイス 1 0 3 a の輝度出力の理論予測値を、下記の 2 種の比較用デバイスと比較する。

(a) 微小空洞共振器を具備しない OLED デバイス 1 0 3 b

(b) 微小空洞共振器の反射鏡の一方に QWS を使用した微小空洞共振器式 OLED デバイス 1 0 3 c

【 0 0 4 4 】

図 3 - b に示した OLED デバイス 1 0 3 b は、構成上、半透明金属底部電極 1 2 T である Ag アノードを IT0 透明底部電極 1 2 a に置き換えたことを除き、微小空洞共振器式 OLED デバイス 1 0 3 a と同等とした。このデバイスは、微小空洞共振器を具備しない OLED デバイスを代表するものであるが、多層形デバイスにおいては常に多少の光学干渉効果が存在している。 10

【 0 0 4 5 】

図 3 - c に示した OLED デバイス 1 0 3 c は、構成上、基板 1 0 と透明底部電極 1 2 a の間に QWS 反射鏡 1 8 を配置したことを除き、OLED デバイス 1 0 3 b と同等とした。この QWS 反射鏡 1 8 は、 $\text{TiO}_2:\text{SiO}_2:\text{TiO}_2:\text{SiO}_2:\text{TiO}_2$  の形態のものであり、ここで  $\text{TiO}_2$  の  $n = 2.45$ 、 $\text{SiO}_2$  の  $n = 1.5$  である。 $\text{TiO}_2$  の厚さは 56 nm とし、そして  $\text{SiO}_2$  の厚さは 92 nm とした (R.H. Jordan 他、APL 69, 1997 (1996) に従う)。このデバイスは、典型的な QWS 系微小空洞共振器式 OLED デバイスを代表するものである。

【 0 0 4 6 】

これら 3 種のデバイスのすべてにおいて、基板 1 0 はガラスとした。反射性金属上部電極 1 6 R は、400 nm の Ag 層とした。有機 EL 要素 1 4 は、NPB 系正孔輸送層 1 4 b、10 nm の発光層 1 4 c 及び Alq 系電子輸送層 1 4 d を含むものと仮定した。発光層 1 4 c の出力に波長依存性はないものと仮定した。このように仮定することにより、発光体の個別具体的特性とは無関係に微小空洞共振器の特性自体を評価することが容易となり、当該結論をいずれの発光体に対しても一般適用することができる。しかしながら、波長依存性のない発光体を使用すると、微小空洞共振器の有利な効果が過小評価される。透明導電性位相層 2 0 の厚さは、3 種すべてのデバイスについて 0 であるものと仮定した。すべての層の厚さを、各デバイスの輝度出力が最大となるように最適化した。輝度出力は、可視波長範囲 380 nm ~ 780 nm の全域にわたり積算した。 20

【 0 0 4 7 】

計算結果を表 1 にまとめた。これらの結果は、半透明反射鏡として QWS を使用した微小空洞共振器式 OLED デバイス 1 0 3 c では、微小空洞共振器を具備しない OLED デバイス 1 0 3 b と比較して、実際に輝度出力が増大し、かつ、放出帯域幅 (半値全幅 FWHM) が狭くなったことを示している。輝度値は 0.239 (任意単位) から 0.385 へと向上した。しかしながら、Ag 反射鏡だけを使用した微小空洞共振器式 OLED デバイス 1 0 3 a では、ピーク輝度高さが微小空洞共振器式 OLED デバイス 1 0 3 c の半分以下であったにもかかわらず、意外にも、輝度出力 (0.425) が一層良好になることを示した。全 Ag 型微小空洞共振器式 OLED デバイス 1 0 3 a の放出帯域幅は、QWS を具備した OLED デバイス 1 0 3 c よりかはるかに大きくなったが、それでもなお良好な色純度を得るには十分な小ささであった。 30

【 0 0 4 8 】



〔表 1〕

表 1

デバイス	説明	基板	QWS	アノード (ITO)	アノード (Ag)	NPB	平常域 発光体	Alq	カソード (Ag)	輝度	ピーク 位置	高さ	FWHM
				nm	nm	nm	nm	nm	nm	任意 単位	nm	任意 単位	nm
103b	共振器 なし	ガラス		100.7		43.1	10	53.1	400	0.239	547	2.4	N.A.
103c	QWS	ガラス	あり	50.0		26.6	10	54.9	400	0.385	564	16.8	17
103a	Agだけ	ガラス			17.5	45.9	10	54.3	400	0.425	567	6.6	73

10

20

30

40

〔 0 0 4 9 〕

例 2

例 2 は、底面発光型デバイスについて、吸収低減層 2 2 による有利な効果を例証するものである。

図 3 - d に、底面発光型微小空洞共振器式 OLED デバイス 1 0 3 d の略横断面図を示す。微小空洞共振器式 OLED デバイス 1 0 3 d は、構成上、基板 1 0 と半透明金属底部電極 1 2 T の間に吸収低減層 2 2 を配置したことを除き、微小空洞共振器式 OLED デバイス 1 0 3 a と同等とした。本例では、吸収低減層 2 2 として ITO を選んだ。計算によると、輝度出力を高める上での吸収低減層 2 2 の効果は、より高い屈折率の材料を使用した場合に向上するであろうことが示された。例 4 から明らかなように、輝度出力は、吸収低減層 2 2 が、ガラスではなく、直に空気に接している場合にも向上し得る。例 1 の場合と同様に、すべての層の厚さを最適化した。計算結果を表 2 にまとめた。吸収低減層 2 2 を挿入したことにより、全 Ag 型微小空洞共振器式 OLED デバイス 1 0 3 a の輝度出力が、約 0 . 4 2 5 から約 0 . 4 5 3 へ増大したことがわかる。

10

【 0 0 5 0 】

【 表 2 】

デバイス	説明	基板	吸収低減 (ITO)	アノード (Ag)	NPB	平帯域 発光体	Alq	カソード (Ag)	輝度 任意単位	ピーク 位置	高さ 任意単位	FWHM
			nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm
103a	吸収低減 なし	ガラス		17.5	45.9	10	54.3	400	0.425	567	6.6	73
103d	吸収低減 あり	ガラス	82.2	18.5	48.1	10	54.3	400	0.453	565	7.0	75

10

20

30

40

【 0 0 5 1 】

例 3

例 3 では、本発明による上面発光型微小空洞共振器式 OLED デバイス 1 0 4 a の輝度出力の理論予測値を、下記の 2 種の比較用デバイスと比較する。

(a)微小空洞共振器を具備しないOLEDデバイス104b

(b)微小空洞共振器の反射鏡の一方にQWSを使用した微小空洞共振器式OLEDデバイス104c

【0052】

図4-aに、本発明による上面発光型微小空洞共振器式OLEDデバイス104aの一例の略横断面図を示す。微小空洞共振器式OLEDデバイス104aは、ガラス基板10、Ag反射性金属底部電極12R、透明導電性位相層20、有機EL要素14及びAg半透明金属上部電極16Tを含む。

【0053】

図4-bに示したOLEDデバイス104bは、構成上、Ag半透明金属上部電極16Tを、1050nm以上の厚さが要求されるITO透明上部電極16aに置き換えたことを除き、微小空洞共振器式OLEDデバイス104aと同等とした。デバイス内に反射鏡が1枚しかないので、OLEDデバイス104bは、微小空洞共振器を具備しないOLEDデバイスを代表するものであるが、多層形デバイスにおいては、特にITOカソードと空気との界面において、常に多少の光学干渉効果が存在している。

【0054】

図4-cに示したOLEDデバイス104cは、構成上、50nm以上の厚さが要求される導電性ITO透明上部電極16aの上にQWS反射鏡18を配置したことを除き、OLEDデバイス104bと同等とした。このQWS反射鏡18は、 $\text{TiO}_2:\text{SiO}_2:\text{TiO}_2:\text{SiO}_2:\text{TiO}_2$ の形態のものであり、ここで $\text{TiO}_2$ の $n=2.45$ 、 $\text{SiO}_2$ の $n=1.5$ である。 $\text{TiO}_2$ の厚さは56nm20とし、 $\text{SiO}_2$ の厚さは92nmとした(R.H. Jordan他、APL 69, 1997 (1996)に従う)。このデバイスは、典型的なQWS系微小空洞共振器式OLEDデバイスを代表するものである。

【0055】

これら3種のデバイスのすべてにおいて、反射性金属底部電極12Rは400nmのAg層とした。有機EL要素14は、NPB系正孔輸送層14b、10nmの発光層14c及びAlq系電子輸送層14dを含むものと仮定した。発光層14cの出力に波長依存性はないものと仮定した。このように仮定することにより、発光体の個別具体的特性とは無関係に微小空洞共振器の特性自体を評価することが容易となり、当該結論をいずれの発光体に対しても一般適用することができる。透明導電性位相層20はITO製とした。すべての層の厚さを、各デバイスの輝度出力が最大となるように最適化した。輝度出力は、可視波長範囲38030nm~780nmの全域にわたり積算した。

【0056】

【 表 3 】

表 3

デバイス	アノード	ITO	NPB	平帯域 発光体	Alq	カソード		輝度	ピーク 位置	ピーク 高さ	FWHM
						材料	nm				
104b	Ag 400	19.7	30	10	67.0	ITO	86.8	0.318	555	3.8	141
104c	400	23.1	30	10	29.8	ITO+QWS	50	0.335	568	19.4	13
104a	400	20.2	30	10	44.6	Ag	13.7	0.411	568	6.2	75

10

20

30

40

【 0 0 5 7 】

表 3 に、これら 3 種のデバイスの計算された特性を示す。反射鏡の一方に QWS を使用した微小空洞共振器式 OLED デバイス 104c は、非常に強い微小空洞共振効果を示した。その輝度ピーク高さは、微小空洞共振器を具備しない OLED デバイス 104b の値 3.8 と

50

比較して、19.4（任意単位）へと大幅に増加した。しかしながら、FWHMがはるかに狭いため、輝度出力全体としては、実際にやや大きくなった程度にすぎなかった。このITOカソードの最小厚を、カソードに要求される導電率を得るため50nmよりさらに大きな値（例えば、100nm）に設定したならば、当該QWS系デバイスはQWSを具備しないデバイスより実際に輝度が低くなる。なぜなら、QWSの空洞共振器厚を当該最低オーダー極大(lowest order maximum)において最適化することができないからである。一方、両方の電極にAgを使用した微小空洞共振器式OLEDデバイス104aは、その他2種の比較用デバイスより、輝度出力が顕著に向上することが示された。

【0058】

#### 例 4

10

例4は、上面発光型デバイスについて、吸収低減層による有利な効果を例証するものである。図4-dに、上面発光型微小空洞共振器式OLEDデバイス104dの略横断面図を示す。微小空洞共振器式OLEDデバイス104dは、構成上、半透明金属上部電極16Tの上に吸収低減層22を配置したことを除き、微小空洞共振器式OLEDデバイス104aと同等とした。本例では、吸収低減層22の例としてZnS:20%SiO<sub>2</sub>（ $n=2.15$ 、 $k=0.003$ ）を選んだ。計算によると、輝度出力を高める上での吸収低減層の効果は、より高い屈折率の材料を使用した場合に向上するであろうことが示された。例1の場合と同様にすべての層の厚さを最適化した。計算結果を表4にまとめた。吸収低減層22を挿入したことにより、微小空洞共振器式OLEDデバイスの輝度出力が、0.411から0.504へ増大したことがわかる。さらに、最適な半透明Agカソード層の厚さが13.7nmから20.3nmへ増加する。Ag厚の増加は、当該半透明電極層の導電性が大幅に増大するので、有益である。

20

【0059】

【 表 4 】

デバイス	アノード	ITO	NPB	Alq	カソード		ZnS:SiO <sub>2</sub>	輝度	ピーク 位置	ピーク 高さ	FWHM
					材料	nm					
	Ag	nm	nm	nm			nm	任意単位	nm	任意単位	nm
104a	400	20.2	30	44.6	Ag	13.7	0	0.411	568	6.2	75
104d	400	19.6	30	58.3	Ag	20.3	61.4	0.504	560	9.0	58

表 4

10

20

30

40

【 0 0 6 0 】

例 5

例 5 は、反射性金属電極層として使用される各種材料を比較するものである。

表 5 に、図 4 - d により製作したデバイスであるが、反射性金属底部電極 1 2 R に種々 50

の材料を使用したものの輝度出力の計算値を示す。すべてのデバイスについて、半透明金属上部電極 1 6 T は Ag 薄層とした。有機 EL 要素 1 4 は、NPB 系正孔輸送層 1 4 b、1 0 nm の発光層 1 4 c 及び Alq 系電子輸送層 1 4 d を含むものと仮定した。発光層の出力に波長依存性はないものと仮定した。このように仮定することにより、発光体の個別具体的特性とは無関係に微小空洞共振器の特性自体を評価することが容易となり、当該結論をいずれの発光体に対しても一般適用することができる。透明導電性位相層 2 0 には ITO 層を使用し、また吸収低減層 2 2 には ZnS:(20%)SiO<sub>2</sub> 系誘電体層を使用した。NPB 正孔輸送層 1 4 b を除くすべての層の厚さを、輝度出力が最大となるように最適化した。正孔輸送層 1 4 b の厚さは、すべてのデバイスについて、3 0 nm で一定とした。

【 0 0 6 1 】



【 表 5 】

表 5

アノード	ITO	NPB	発光体	Alq	カソード		ZnS-SiO <sub>2</sub>	輝度	ピーク λ	ピーク 高さ	FWHM
	nm	nm	nm	nm	材料	nm	nm	任意単位	nm	任意単位	nm
Ag	19.6	30	10	58.3	Ag	20.3	61.4	0.504	560	9.0	58
Al	29.4	30	10	58.0	Ag	19.7	60.8	0.481	558	8.0	63
Au	16.2	30	10	60.8	Ag	19.0	63.8	0.435	558	7.7	70
MgAg	23.7	30	10	56.1	Ag	15.7	65.8	0.429	558	6.7	72
Cu	16.5	30	10	63.5	Ag	14.5	62.3	0.310	593	4.9	96
Cr	29.2	30	10	62.7	Ag	10.0	60.6	0.239	555	2.8	160
Mo	29.8	30	10	71.8	Ag	0	71.3	0.199	565	2.2	186
Zr	7.9	30	10	10.0	Ag	0	0	0.096	588	0.9	N.A.

10

20

30

40

50

【 0 0 6 2 】

表 5 に、種々の反射性アノード材料を使用して製作したデバイスの計算された特性を示す。アノード材料の選択が、デバイスの輝度効率に劇的な影響を与えた。アノード材料の反射率と輝度出力との間に直接的な相関があるように見える。反射率が最低である Zr アノ

ードと反射率が最高であるAgアノードとの間には、輝度出力に5倍を超える差があった。MoやZrのような最低反射率アノードの場合には、半透明カソードが存在しないときに最適輝度が得られた。アノードとしてAg、Al、Au及びMgAgを使用した場合を除き、FWHMは非常に大きくなり、しかも、非微小空洞共振器の基準値である0.318からみて、微小空洞共振による輝度増強もほとんどなかった。

【0063】

#### 例6

例6は、金属半透明電極材料がデバイス性能に及ぼす影響を例証するものである。

表6-aに、図4-aにより製作したデバイスであるが、当該デバイスのカソードとした半透明金属上部電極16Tに種々の材料を使用したものの輝度出力の計算値を示す。す 10  
べのデバイスについて、反射性金属底部電極12Rは400nmのAg層とした。有機EL要素14は、NPB系正孔輸送層14b、10nmの発光層14c及びAlq系電子輸送層14dを含むものと仮定した。発光層14cの出力に波長依存性はないものと仮定した。このように仮定することにより、発光体の個別具体的特性とは無関係に微小空洞共振器の特性自体を評価することが容易となり、当該結論をいずれの発光体に対しても一般適用することができる。透明導電性位相層20にはITO層を使用した。吸収低減層22は使用しなかった。NPB正孔輸送層14bを除くすべての層の厚さを、輝度出力が最大となるように最適化した。正孔輸送層14bの厚さは、すべてのデバイスについて、30nmで一定とした。また、電子輸送層14dの厚さは20nm以上であるように制限した。後者の制限がないと、最適化アルゴリズムは、電子輸送層14dについて非現実的なほど小さな厚さを選定して 20  
しまう。

【0064】

【表 6 - a】

表 6 - a

アノード	ITO 透明導電 性位相層	NPB 厚さ	発光体 厚さ	Alq 厚さ	カソード	カソード 厚さ	輝度	ピーク 波長	ピーク 高さ	FWHM
	nm	nm	nm	nm		nm	a. u.	nm	a. u.	nm
Ag	20.2	30	10	44.6	Ag	13.7	0.411	567.5	6.2	75
Ag	21.5	30	10	44.5	Au	21.3	0.385	582.5	5.9	94
Ag	11.4	30	10	20.0	MgAg	0	0.345	567.5	3.4	N. A.
Ag	11.4	30	10	20.0	Al	0	0.345	567.5	3.4	N. A.
Ag	11.4	30	10	20.0	Cu	0	0.345	567.5	3.4	N. A.
Ag	11.4	30	10	20.0	Cr	0	0.345	567.5	3.4	N. A.
Ag	11.4	30	10	20.0	Mo	0	0.345	567.5	3.4	N. A.
Ag	11.4	30	10	20.0	Zr	0	0.345	567.5	3.4	N. A.

10

20

30

40

【 0 0 6 5 】

表 6 - a は、半透明金属上部電極 16 T の材料選択がデバイス性能に顕著な影響を及ぼしたことを示している。半透明金属上部電極 16 T として Au 及び Ag を使用したデバイスだけが、微小空洞共振増強効果を示した。カソードとして他の材料を使用した場合にはすべ

て、カソード厚が 0 であるときに最適性能が得られた。もちろん、これは現実的な場合にはならない。セルを完成させるためにはカソードが必要だからである。

【 0 0 6 6 】

吸収低減層 2 2 を使用した場合、より多くの材料を半透明金属上部電極 1 6 T として使用することができる。表 6 - b に、表 6 - a の場合と同様に製作したデバイスであるが、その半透明金属上部電極 1 6 T の上に  $\text{ZnS}:(20\%)\text{SiO}_2$  系吸収低減層 2 2 を追加したものの輝度出力の計算値を示す。すべてのデバイスについて、反射性金属底部電極 1 2 R は 4 0 0 nm の Ag 層とした。有機 EL 要素 1 4 は、NPB 系正孔輸送層 1 4 b、1 0 nm の発光層 1 4 c 及び Alq 系電子輸送層 1 4 d を含むものと仮定した。発光層 1 4 c の出力に波長依存性はないものと仮定した。このように仮定することにより、発光体の個別具体的特性とは無関係に微小空洞共振器の特性自体を評価することが容易となり、当該結論をいずれの発光体に対しても一般適用することができる。透明導電性位相層 2 0 には ITO 層を使用し、また吸収低減層 2 2 には  $\text{ZnS}:(20\%)\text{SiO}_2$  系誘電体層を使用した。NPB 正孔輸送層 1 4 b を除くすべての層の厚さを、輝度出力が最大となるように最適化した。正孔輸送層 1 4 b の厚さは、すべてのデバイスについて、3 0 nm で一定とした。MgAg 合金は、OLED 用途に汎用されている 90%Mg:10%Ag 系合金とした。Ag 5 0 % 未満の他の MgAg 系合金も同様の挙動を示すことが予測される。

10

【 0 0 6 7 】

【 表 6 - b 】

表 6 - b

アノード	ITO	NPB	発光体	Alq	カソード		ZnS:SiO <sub>2</sub>	輝度	ピーク λ	ピーク 高さ	FWHM
					材料	nm					
Ag	19.6	30	10	58.3	Ag	20.3	61.4	0.504	560	9	58
Ag	19.9	30	10	58.5	Au	21.5	62.7	0.486	565	8.3	62
Ag	20.4	30	10	60.1	MgAg	12.3	67.2	0.470	558	7.3	66
Ag	19.5	30	10	65.0	Al	5.5	69.1	0.440	553	7.3	63
Ag	18.9	30	10	63.8	Cu	14.7	64.0	0.418	565	5.9	95
Ag	19.6	30	10	77.3	Cr	0	64.9	0.396	560	5.3	101
Ag	19.6	30	10	77.3	Mo	0	64.9	0.396	560	5.3	101
Ag	19.6	30	10	77.3	Zr	0	64.9	0.396	560	5.3	101
Ag	23.1	30	10	29.8	ITO+QWS	50.0		0.335	568	19.4	13

10

20

30

40

【 0 0 6 8 】

表 6 - b は、吸収低減層の存在により、半透明金属上部電極 16 T の材料選択の幅が広がることを示している。Al、Cu、これらの合金、又は Ag50%未満の MgAg 系合金を使用して有益な微小空洞共振器効果を得ることができる。ここでもまた、Ag、Au、MgAg 及び Al の

50

ような反射率の高い金属が最良の結果を示したが、その反射率との相関は、反射率の比較的高いAlがAu及びMgAgより結果が悪かったことから、さほど強くない。(これは、半透明電極については当該金属の吸光度も重要なパラメータになるためであると理解される。Alの屈折率の虚部は特に大きいため、吸光度が高くなる。)本検討には、半透明反射鏡としてQWSを使用した微小空洞共振器式OLEDデバイスについても含めた。該デバイスは、検討した他のすべての材料より、実際に総輝度量が減少した。ピーク高さは他のすべての材料より有意に高くなるが、FWHMが極端に小さいため、輝度出力は最低となった。

【0069】

#### 例7a (従来型OLED／比較例)

以下のように従来型の非微小空洞共振器式OLEDを製作した。透明ITO導電層をコーティ 10  
ングした厚さ1mmのガラス基板を、市販のガラススクラパーツールを使用して洗浄し、乾燥した。ITOの厚さは約42nmであり、該ITOのシート抵抗は約68Ω/□である。続いてITO面を酸化的プラズマで処理し、その表面をアノードとして状態調節した。その清浄なITO面上に、RFプラズマ処理室内でCHF<sub>3</sub>ガスを分解させることによってCF<sub>x</sub>系フルオロカーボン重合体の厚さ1nmの層を付着させ、正孔注入層とした。次いで、その基板を真空蒸着室内に移送し、該基板上に他のすべての層を付着させた。約10<sup>-4</sup>トルの真空度下、加熱ポートから昇華させることにより、以下の層を以下の順序で付着させた。

(1)N,N'-ジ(ナフタレン-1-イル)-N,N'-ジフェニル-ベンジジン(NPB)からなる厚さ65nmの正孔輸送層；

(2)トリス(8-ヒドロキシキノリン)アルミニウム(III)(Alq)からなる厚さ75nmの 20  
電子輸送層(発光層としても働く)；

(3)Liからなる厚さ1nmの電子注入層；及び

(4)Agからなる厚さ約50nmのカソード

【0070】

これらの層を付着させた後、デバイスを蒸着室から封入用ドライボックス内へ移送した。デバイス完成品の構造を、ガラス/ITO(42)/CF<sub>x</sub>(1)/NPB(65)/Alq(75)/Li(1)/Ag(50)と示す。

【0071】

20mA/cm<sup>2</sup>において、このデバイスは7.7Vの駆動電圧を要し、その発光出力効率は3.3cd/Aであり、FWHMは104nmであり、そして色座標はCIE-x=0.346、CIE-y=0.550である。20mA/cm<sup>2</sup>における放出スペクトルを図5に曲線aとして示す。ピーク放出波長552nmの周囲で測定された発光出力効率は0.68W/Sr/m<sup>2</sup>である。

【0072】

#### 例7b (発明例)

以下のように微小空洞共振器式OLEDを製作した。約4ミリトルのAr圧力下でのDCスパッタ処理により、Agからなる厚さ93nmのアノード層をガラス基板にコーティングした。その清浄なAg面上に、蒸発法で厚さ2nmのMoO<sub>x</sub>層を付着させ、正孔注入層とした。約10<sup>-4</sup>トルの真空度下、加熱ポートから昇華させることにより、以下の層を以下の順序で付着させた。

(1)N,N'-ジ(ナフタレン-1-イル)-N,N'-ジフェニル-ベンジジン(NPB)からなる厚さ 40  
45nmの正孔輸送層；

(2)トリス(8-ヒドロキシキノリン)アルミニウム(III)(Alq)からなる厚さ65nmの  
電子輸送層(発光層としても働く)；

(3)Liからなる厚さ1nmの電子注入層；

(4)Agからなる厚さ約22.5nmのカソード；及び

(5)Alqからなる厚さ約85nmの吸収低減層

【0073】

これらの層を付着させた後、デバイスを蒸着室から封入用ドライボックス内へ移送した。デバイス完成品の構造を、ガラス/Ag(93)/MoO<sub>x</sub>(2)/NPB(45)/Alq(65)/Li(1)/Ag(22.5)/Alq(85)と示す。

【 0 0 7 4 】

20 mA/cm<sup>2</sup>において、このデバイスは7.0 Vの駆動電圧を要し、その発光出力効率は9.3 cd/Aであり、FWHMは36 nmであり、そして色座標はCIE-x=0.351、CIE-y=0.626である。20 mA/cm<sup>2</sup>における放出スペクトルを図5に曲線bとして示す。ピーク放出波長552 nmの周囲で測定された発光出力効率は2.48 W/Sr/m<sup>2</sup>である。比較例7aの結果と比較して、本発明による微小空洞共振器式デバイスは、発光出力効率が顕著に向上し、FWHM帯域幅が狭くなり、しかも色が顕著に改良された。

【 0 0 7 5 】

また、この実験結果を、例1～例6で使用した光学モデルから得られた理論予測と比較することが教訓となる。本例で実際に認められた輝度出力の2.8倍増は、これら2種の構造体の光学モデルから得られる予測増加量である2.57倍と非常によく一致している。さらに、これら2種の構造体間のFWHM帯域幅の変化及びCIE色座標の変化についても、当該光学モデルによって、かなりの正確度で予測される。

【 0 0 7 6 】

#### 例 8

例8は、金属だけによる微小空洞共振器を使用した画素化について実証する。4種のOLEDを製作した。デバイス#8-1は、底面発光型構造において広帯域発光体を利用した従来型の非微小空洞共振器式OLEDであり、デバイス#8-2は、同一の広帯域発光体を利用して青色発光するように調整された上面発光型微小空洞共振器式OLEDデバイスであり、デバイス#8-3は、同一の広帯域発光体を利用して緑色発光するように調整された上面発光型微小空洞共振器式OLEDデバイスであり、デバイス#8-4は、同一の広帯域発光体を利用して赤色発光するように調整された上面発光型微小空洞共振器式OLEDデバイスである。

【 0 0 7 7 】

デバイス#8-1については、透明ITO導電層をコーティングした厚さ1 mmのガラス基板を、市販のガラススクラパーツールを使用して洗浄し、乾燥した。ITOの厚さは約42 nmであり、該ITOのシート抵抗は約68 Ω/□である。続いてITO面を酸化的プラズマで処理し、その表面をアノードとして状態調節した。その清浄なITO面上に、RFプラズマ処理室内でCHF<sub>3</sub>ガスを分解させることによってCF<sub>x</sub>系フルオロカーボン重合体の厚さ1 nmの層を付着させ、正孔注入層とした。次いで、その基板を真空蒸着室内に移送し、該基板上に他のすべての層を付着させた。約10<sup>-4</sup>トルの真空度下、加熱ポートから昇華させることにより、以下の層を以下の順序で付着させた。

(1)N,N'-ジ(ナフタレン-1-イル)-N,N'-ジフェニル-ベンジジン(NPB)からなる厚さ86.7 nmの非ドーブ型正孔輸送層；

(2)N,N'-ジ(ナフタレン-1-イル)-N,N'-ジフェニル-ベンジジン(NPB)に2.5%のルブレンをドーブしてなる厚さ20 nmのドーブ型正孔輸送層；

(3)TBADNに1.5%の4-(ジ-p-トリル)-4'-[(ジ-p-トリルアミノ)スチリル]スチルベンをドーブしてなる厚さ30 nmの発光層；

(4)トリス(8-ヒドロキシキノリン)アルミニウム(III)(Alq)からなる厚さ32.1 nmの電子輸送層(発光層としても働く)；

(5)Liからなる厚さ1 nmの電子注入層；及び

(6)Agからなる厚さ約50 nmのカソード

【 0 0 7 8 】

これらの層を付着させた後、デバイスを蒸着室から封入用ドライボックス内へ移送した。デバイス完成品の構造を、ガラス/ITO(42)/CF<sub>x</sub>(1)/NPB(86.7)/NPB:2.5%ルブレン(20)/TBADN:1.5% 4-(ジ-p-トリル)-4'-[(ジ-p-トリルアミノ)スチリル]スチルベン(30)/Alq(32.1)/Li(1)/Ag(50)と示す。

【 0 0 7 9 】

20 mA/cm<sup>2</sup>において、この底面発光型デバイスは7.9 Vの駆動電圧を要し、その発光出力効率は6.7 cd/Aであり、そして色座標はCIE-x=0.376、CIE-y=0.461である。20 mA/cm<sup>2</sup>における広帯域放出スペクトルを図6に曲線aとして示す。

【 0 0 8 0 】

デバイス#8-2、#8-3及び#8-4については、約4ミリのAr圧力下でのDCスパッタ処理により、Agからなる厚さ93nmのアノード層をガラス基板にコーティングした。その清浄なAg面上に、蒸発法で厚さ3nmのMoO<sub>x</sub>層を付着させ、正孔注入層とした。約10<sup>-4</sup>トルの真空度下、加熱ボートから昇華させることにより、以下の層を以下の順序で付着させた。

(1)N,N'-ジ(ナフタレン-1-イル)-N,N'-ジフェニル-ベンジジン(NPB)からなる非ドープ型正孔輸送層であって、その厚さは、デバイス#8-2については139nm、デバイス#8-3については194.5nm、そしてデバイス#8-4については217nmとしたもの；

(2)N,N'-ジ(ナフタレン-1-イル)-N,N'-ジフェニル-ベンジジン(NPB)に2.5%のルブレンをドープしてなる厚さ20nmのドープ型正孔輸送層及び発光層； 10

(3)TBADNに1.5%の4-(ジ-p-トリル)-4'-[(ジ-p-トリルアミノ)スチリル]スチルベンをドープしてなる厚さ20nmの発光層；

(4)トリス(8-ヒドロキシキノリン)アルミニウム(III)(Alq)からなる厚さ20nmの電子輸送層；

(5)Liからなる厚さ1nmの電子注入層；及び

(6)Agからなる厚さ約22.5nmのカソード

【 0 0 8 1 】

これらの層を付着させた後、デバイスを蒸着室から封入用ドライボックス内へ移送した。デバイス完成品の構造を、ガラス/Ag(93)/MoO<sub>x</sub>(3)/NPB(変動)/NPB:2.5%ルブレン(20)/TBADN:1.5% 4-(ジ-p-トリル)-4'-[(ジ-p-トリルアミノ)スチリル]スチルベン(20)/Alq(20)/Li(1)/Ag(22.5)と示す。性能パラメータの測定値を表7に記載する。放出スペクトルを図6に曲線b、曲線c及び曲線dとして示す。 20

【 0 0 8 2 】



【 表 7 】

表 7

電圧 ボルト	輝度 Cd/m <sup>2</sup>	電流効率 Cd/A	CIE-x	CIE-y	ピーク波長 nm	発光出力効率 W/Sr/m <sup>2</sup> 共振	発光出力効率 W/Sr/m <sup>2</sup> 非共振
デバイス#8-1	1339	6.70	0.376	0.481	NA		
デバイス#8-2	262	1.31	0.145	0.079	460	2.46	0.41
デバイス#8-3	1914	9.57	0.336	0.647	544	2.61	1.26
デバイス#8-4	811	4.08	0.546	0.312	608	1.98	0.99

10

20

30

40

【 0 0 8 3 】

非空洞共振器式OLED構造デバイス#8-1の広帯域発光体からは、広帯域放出（図6、曲線a）が得られた。空洞共振器長の異なる微小空洞共振器構造#8-2、#8-3及び#8-4を構築することにより、それぞれ青色、緑色及び赤色で発光する色質の良好なデバイスが得られた

。さらに、発光出力効率が劇的に向上した。デバイス#8-2(図6、曲線b)は、ピーク波長が460nmとなり、この波長において、基準となる非微小空洞共振器式デバイス#8-1の発光出力効率0.41W/Sr/m<sup>2</sup>の約6倍となる2.46W/Sr/m<sup>2</sup>の発光出力効率を示した。デバイス#8-3(図6、曲線c)は、ピーク波長が544nmとなり、この波長において、基準となる非微小空洞共振器式デバイス#8-1の発光出力効率1.26W/Sr/m<sup>2</sup>の2倍を上回る2.61W/Sr/m<sup>2</sup>の発光出力効率を示した。デバイス#8-4(図6、曲線d)は、ピーク波長が608nmとなり、この波長において、基準となる非微小空洞共振器式デバイス#8-1の発光出力効率0.99W/Sr/m<sup>2</sup>の約2倍となる1.98W/Sr/m<sup>2</sup>の発光出力効率を示した。デバイス#8-2、#8-3及び#8-4は個別OLEDデバイスであるが、これらのデバイスを有機発光表示装置の画素にした場合には、同等の色選択及び効率向上が見込まれる。デバイス#8-2、#8-3及び#8-4では、微小空洞共振器の空洞共振器長の調整を、HTL厚の変更によって実施しているが、これらのデバイスにおいて透明導電性位相層を使用し、該透明導電性位相層の厚さだけを変更させた場合にも、同等な結果が見込まれる。

【図面の簡単な説明】

【0084】

【図1】従来型OLEDデバイスの略横断面図である。

【図2】QWSに基づく従来の微小空洞共振器式OLEDデバイスの略横断面図である。

【図3-a】Ag電極だけを使用した本発明による底面発光型微小空洞共振器式OLEDデバイスの略横断面図である。

【図3-b】微小空洞共振器を具備しない底面発光型微小空洞共振器式OLEDデバイスの略横断面図である。

【図3-c】QWSに基づく底面発光型微小空洞共振器式OLEDデバイスの略横断面図である。

【図3-d】本発明による吸収低減層を具備した底面発光型微小空洞共振器式OLEDデバイスの略横断面図である。

【図4-a】Ag電極だけを使用した本発明による上面発光型微小空洞共振器式OLEDデバイスの略横断面図である。

【図4-b】微小空洞共振器を具備しない上面発光型微小空洞共振器式OLEDデバイスの略横断面図である。

【図4-c】QWSに基づく上面発光型微小空洞共振器式OLEDデバイスの略横断面図である。

【図4-d】本発明による吸収低減層を具備した上面発光型微小空洞共振器式OLEDデバイスの略横断面図である。

【図5】微小空洞共振器を具備しないOLEDデバイスと本発明による微小空洞共振器式OLEDデバイスとを対比した放出スペクトルである。

【図6】広帯域発光体を具備した非空洞共振器式OLEDデバイスと、同一の広帯域発光体を使用し、それぞれ青色、緑色及び赤色を放出するように調整された三つの微小空洞共振器式OLEDとの放出スペクトルである。

【符号の説明】

【0085】

1 0 …基板

1 2 a …透明底部電極

1 2 T …半透明金属底部電極

1 4 …有機EL要素

1 4 a …正孔注入層

1 4 b …正孔輸送層

1 4 c …発光層

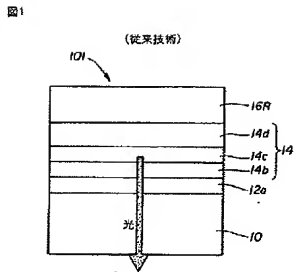
1 4 d …電子輸送層

1 4 e …電子注入層

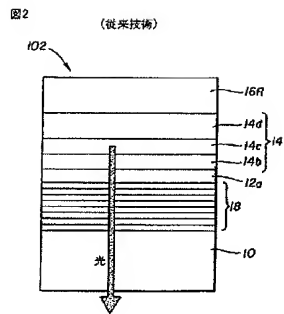
1 6 R …反射性金属上部電極

- 1 6 T … 半透明金属上部電極  
 1 8 … Q W S  
 2 0 … 透明導電性位相層  
 2 2 … 吸收低減層

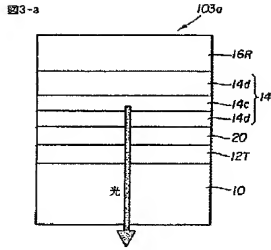
【 図 1 】



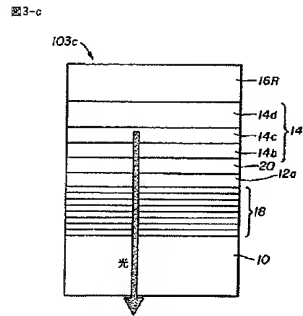
【 図 2 】



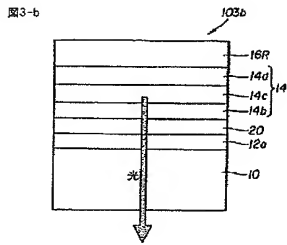
【 図 3 - a 】



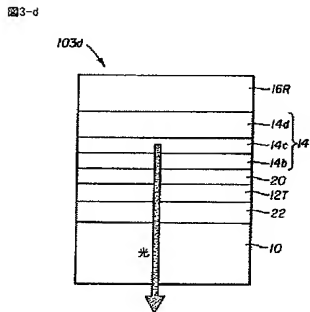
【 図 3 - c 】



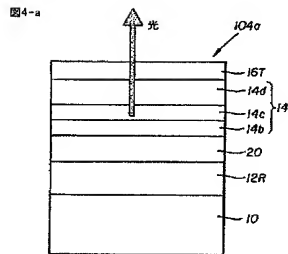
【 図 3 - b 】



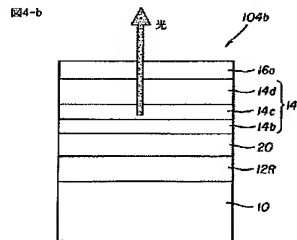
【 図 3 - d 】



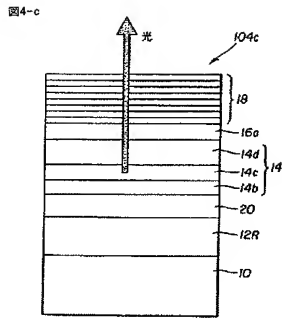
【 図 4 - a 】



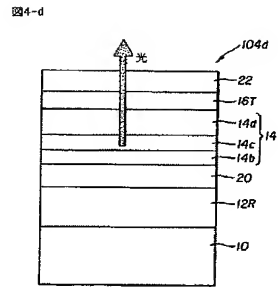
【 図 4 - b 】



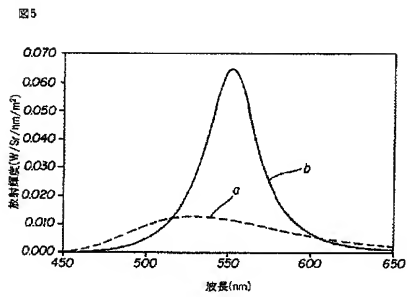
【 図 4 - c 】



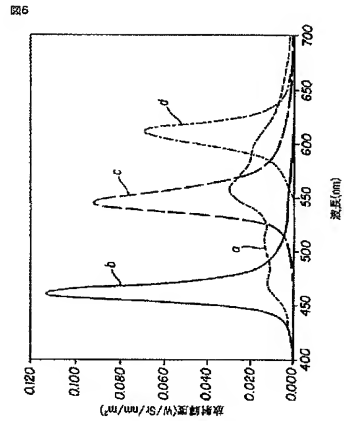
【 図 4 - d 】



【 図 5 】



【 図 6 】



## フロントページの続き

- (72)発明者 ユアン－シェン ティアン  
アメリカ合衆国，ニューヨーク 1 4 5 8 0，ウェブスター，オールド ウッズ ドライブ 6 1  
3
- (72)発明者 ジュゼッペ ファルツジャ  
アメリカ合衆国，ニューヨーク 1 4 5 8 0，ウェブスター，ピショップス レーン 7 0 6
- (72)発明者 ジョエル ディー，ショア  
アメリカ合衆国，ニューヨーク 1 4 6 0 7，ロチェスター，オックスフォード ストリート 2  
4 2
- Fターム(参考) 3K007 AB03 AB04 AB05 AB18 CB01 CC01 DB03 FA01